

発明の名称

放射線イメージセンサおよびその製造方法

発明の背景技術分野

- 5 本発明は、放射線画像を画像データとして取得する放射線イメージセンサに関し、特に、マンモグラフィ等に用いられる縁まで検出能力を有する放射線イメージセンサおよびその製造方法に関する。

背景技術

- 10 医療用、産業用のX線撮影において、近年、X線感光フィルムに代えて、放射線検出素子を用いた放射線イメージングシステムが広く用いられるようになってきた。こうした放射線イメージングシステムは、X線感光フィルムのように現像の必要がなく、リアルタイムに放射線画像を確認することができるなど利便性が高く、データの保存性や取扱いの容易性の面でも優位な点を有する。

- 15 一般的な放射線イメージングシステムは、入射した放射線画像をシンチレータによって可視光等（紫外線・赤外線を含む。）に変換し、変換後の光像を1次元または2次元状に配列された光検出素子により検出して画像データに対応する電気信号として出力する。典型的なシンチレータ材料であるCsIは、吸湿性材料であって、空気中の水蒸気（湿気）を吸収して溶解する性質がある。そこで、吸湿による特性劣化を防止するためにシンチレータを外気から遮断するための保護
- 20 膜を設ける必要がある。

特開平5-196742号公報は、こうした技術の一例であり、シンチレータ層の上部に水分不透過性の防湿バリヤを形成してシンチレータを湿気から保護するものである。

発明の概要

- 25 ところで、乳ガンの早期発見には、乳房を挟み込んでそのX線撮影を行うマンモグラフィを触診と併用することが有効とされている。このマンモグラフィに

においては、乳房の根元部分まで正確にそのX線像を取得する必要がある、低い照射X線量で高解像度の画像を取得することから、他の分野に比較して放射線イメージングシステムの普及が進んでいない。特に、X線については可視光のような光学系による像の反射・屈折・拡縮が利用できない。そのため、乳房の根元部分までのX線像を放射線イメージングシステムで正確に取得するためには、根元部分にシンチレータ、撮像素子を近接して配置するほかない。つまり、イメージングセンサの少なくとも一方の周縁部にシンチレータ・撮像素子が配置されている必要があるが、このような構造では、特許文献1の技術のような防湿バリアの形成は困難である。

- 10 そこで本発明は、少なくとも一方の周縁部まで放射線画像の検出が可能な構造のイメージセンサパネルを備えた放射線イメージセンサにおいて、シンチレータの耐湿性を確保した放射線イメージセンサを提供することを課題とする。

- 15 上記課題を解決するため、本発明に係る放射線イメージセンサは、マウント基板上にイメージセンサ部を配置した放射線イメージセンサであって、そのイメージセンサ部は、（1）第1の表面と第2の表面とを表裏面とする平板状のセンサ基板と、（2）センサ基板の第1の表面上に、少なくともその一辺に近接して2次元状に配置された複数の光電変換素子からなる受光部と、（3）少なくとも受光部表面に堆積され、入射した放射線に応じて光電変換素子が検出可能な波長の光を出力するシンチレータと、（4）センサ基板の第1の表面上の、受光部が近接する辺を除いたシンチレータの周囲に配置されている樹脂層と、（5）シンチレータ表面からセンサ基板の受光部が近接する辺側の側壁部を経て第2の表面に至る部分を連続して一体に被覆しており、樹脂層によって受光部が近接する辺を除く側の周縁部が固定されている保護膜と、を備えており、この第2の表面上の保護膜がマウント基板とセンサ基板で挟み込まれて固定されていることを特徴とする。
- 20
- 25

本発明に係る放射線イメージセンサによると、センサ基板の少なくとも一辺に

近接して配置されている光電変換素子からなる受光部により、この周縁部分ぎりぎりまで有効画素として機能する。そして、シンチレータは保護膜で被覆されて保護される。シンチレータはセンサ基板上で特定の1辺ないし3辺によって配置されているが、シンチレータが近接していない辺とシンチレータの間には樹脂層が設けられ、この樹脂層によって保護膜の周縁部が固定される。周縁部と樹脂層の関係は、樹脂層上に周縁部を配置する、周縁部上に樹脂層を配置する、樹脂層で周縁部を挟み込む、の3種の形態が考えられる。シンチレータが近接している辺側では、保護膜は、その辺の側壁を超えて裏面（第2の表面）まで延びており、そこで、マウント基板とセンサ基板との間に挟み込まれて固定される。

- 5
- 10 マウント基板は、イメージセンサの配置面からその裏面に貫通する複数の貫通孔を備えていることが好ましい。この貫通孔を利用してセンサ基板の第1の表面と第2の表面のそれぞれに付加される空気圧に差を生ぜしめ、それにより、センサ基板をマウント基板へと押しつける。

- 15 イメージセンサ部は、マウント基板上に接着材で固定されており、接着剤は、管通孔を包囲して配置されていることが好ましい。これにより、圧力差によってセンサ基板をマウント基板へと押しつけつつ、接着剤による固定を行う。

接着材は、マウント基板のイメージセンサの配置面上に碁盤目状に配置されていることが好ましい。これにより、接着剤は配置面上の貫通孔開口部の間に適切に配置される。

- 20 一方、本発明に係る放射線イメージセンサの製造方法は、上述の放射線イメージセンサを製造する方法であって、(1)第1の表面と第2の表面とを表裏面とする平板状のシリコン基板と、このシリコン基板の第1の表面上に少なくともその1辺に近接して2次元状に配置された複数の光電変換素子からなる受光部と、少なくとも受光部表面に堆積され、入射した放射線に応じて光電変換素子が検出可能な波長の光を出力するシンチレータを備えるイメージセンサ部を用意し、(2)このイメージセンサ部のシンチレータ表面からセンサ基板の受光部が近接する辺側
- 25

の側壁部を経て第2の表面に至る部分を連続して一体に被覆する保護膜を形成して、センサ基板の第1の表面上の、受光部が近接する辺を除いたシンチレータの周囲に配置されている樹脂層によって受光部が近接する辺を除く側の周縁部を固定し、（3）イメージセンサ部の第2の表面をマウント基板の載置面へ向けて、

5 イメージセンサ部の第2の表面上の保護膜をマウント基板とセンサ基板で挟み込んだ状態でイメージセンサ部をマウント基板上に固定することを特徴とする。

本発明によれば、保護膜の外縁は樹脂層で固定されるか、マウント基板とセンサ基板との間に挟み込まれて固定されるので、外縁からの剥がれを効果的に防止できる。そのため、シンチレータの耐湿性が向上する。そして、周縁部ぎりぎり

10 まで有効画素を配置することができ、その部分のシンチレータの劣化を抑制することができるので、例えば、マンモグラフィに利用した場合に、乳房の根元部分まで解像度の高い画像を取得することができ、正確な診断を行うことができる。

マウント基板に貫通孔を設け、載置したイメージセンサの表面側の空気圧を裏面側の空気圧より高くすることで、イメージセンサをマウント基板へと押しつけて固定することができる。この方法によれば、シンチレータに機械的に強い力を付与することがないため、シンチレータの損傷を予防でき、製品の歩留りが向上する。

図面の簡単な説明

図1は、本発明に係る放射線イメージセンサの第1の実施形態を示す正面図であり、図2は、その断面図である。

20

図3は、図1の装置のイメージセンサ部の斜視図であり、図4は、その正面図であり、図5、図6は、それぞれ図4のV-V線、V1-V1線断面図である。

図7～図10は、図1の放射線イメージセンサの製造工程を説明する図である。

。

図12は、マウント基板の正面図である。

25

図13は、イメージセンサの載置工程を説明する図である。

図14は、イメージセンサの載置に用いる装置を説明する図である。

図15は、イメージセンサの載置に用いる別の装置を説明する図である。

図16は、本発明に係る放射線イメージセンサによるマンモグラフィ撮影を説明する図である。

5 図17は、本発明に係る放射線イメージセンサの別の形態を示す平面図である。

図18、図19は、本発明に係る放射線イメージセンサの別のイメージセンサ部の形態を示す図である。

10 図20は、本発明に係る放射線イメージセンサの別のイメージセンサ部の樹脂層の形態を示す図である。

発明の好適な実施形態

以下、添付図面を参照して本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の参照番号を附し、重複する説明は省略する。

15 図1は、本発明に係る放射線イメージセンサの第1の実施形態を示す正面図であり、図2はその断面図である。この放射線イメージセンサ100は、マウント基板20上にイメージセンサ部1を載置した構成をとり、マンモグラフィに使用されるものである。図3は、イメージセンサ部1の斜視図であり、図4は、その正面図、図5は、そのV-V線断面図、図6は、そのVI-VI線断面図である。

20 イメージセンサ部1は、矩形平板であるSi基板10（大きさ231mm×184mm、厚さ0.8mm）の一方の面（以下、第1の表面と称する。）10a上に、光電変換を行うフォトダイオードを2次元状に配置して受光領域である光感応部11を形成している。各フォトダイオードには、フォトダイオードからの電荷読み出しを制御するためのMOSFET（metal oxide semiconductor field-effect transistor：金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ）が対応して配
25 置されている。本実施形態の光感応部11は、Si基板10の一辺10bに近接し

て配置されており、220mm×180mm程度の大画面を有している。

Si基板10の第1の表面10aに形成された光感応部11の周囲の領域には、それぞれシフトレジスタ12と、チャージアンプアレイ13とが配置され、光感応部11から離れた2辺に沿ってボンディングパッド部14が配置されている。

5 シフトレジスタ12は、Si基板10に形成された配線（図示せず）により各MOSFETに電気的に接続され、その作動を制御する。チャージアンプアレイ13は、Si基板10に形成された配線（図示せず）によりMOSFETを通して各フォトダイオードに電気的に接続されており、当該フォトダイオードからの出力信号を増幅して出力する。チャージアンプアレイ13は、複数の増幅アンプ（
10 チャージアンプ）と、これに並列に接続された容量素子、スイッチ素子からなる。

ボンディングパッド部14は、複数のボンディングパッドからなり、対応するチャージアンプアレイ13またはシフトレジスタ12と図示していない配線によって電気的に接続されている。

15 光感応部11上には、放射線（例えば、X線）を光感応部11で検出可能な光（紫外線、赤外線または可視光）に変換するシンチレータ層16が直接堆積されている。シンチレータ層16は、光感応部11全面を覆うとともに、シフトレジスタ12やチャージアンプアレイ13が形成されている領域までを覆っていてもよいが、ボンディングパッド部14上には達することはない。

20 このシンチレータ層16としては、各種の材料を用いることができるが、発光効率がよいTlドープのCsI等が好ましい。このCsIは、第1の表面10aから上に伸びる多数の柱状結晶（針状結晶）として形成されている。

シンチレータ層16を囲む第1の表面10a上には、辺10b側に開いたコの字形の枠である樹脂層17が形成されている。この樹脂層17には、シリコン樹脂である信越化学製のKJR651あるいはKE4897、GE東芝シリコン製のTSE397、住友スリーエム製のDYMAX625T等を用いることができ
25

る。シリコン樹脂のほか絶縁性、防湿製の各種樹脂を用いることができる。

シンチレータ層 16 は、潮解性を有するため、耐湿保護膜 18 で表面が覆われている。この耐湿保護膜 18 は、シンチレータ層 16 の全表面を覆い、3 辺は樹脂層 17 の上にまで達している。そして、辺 10 b 側では、その側壁 10 c を超えて第 1 の表面 10 a の裏面にあたる第 2 の表面 10 d にまで到達している。樹脂層 17 上以外のシンチレータ層 16 が形成されていない部分では、耐湿保護膜 18 は、S i 基板 10 に密着しており、全体が連続的に一体形成されている。

この耐湿保護膜 18 としては、有機膜を用いることが好ましく、特に、ポリレン系樹脂、例えば、ポリパラキシリレン樹脂（スリーボンド社製、商品名パリレン）のうち、ポリパラクロキシリレン（同社製、商品名パリレン C）を用いることが好ましい。パリレンによるコーティング膜は、水蒸気およびガスの透過がきわめて少なく、撥水性、耐薬品製も高いほか、薄膜でも優れた電気絶縁性を有し、放射線、可視光線に対しても透明であるという特徴を有し、コーティング膜としてふさわしい。

耐湿保護膜 18 の外縁は、上から被覆樹脂層 19 によって覆われている。この被覆樹脂層 19 は、例えば、アクリル系樹脂からなる。被覆樹脂層 19 は、同時に樹脂層 17 を外側から覆うとともに、側壁 10 c 部分では、S i 基板 10 に直接密着している。

マウント基板 20 は、セラミック製の平板であり、イメージセンサ部 1 より広い面積を有している。本実施形態の場合は、248 mm×225.7 mmであり、厚さ 3.5 mm である。イメージセンサ部 1 は、マウント基板 20 の側壁 20 a の一つに、上述した辺 10 b 側の側壁 10 c が沿うように、偏らせて配置している。このとき、イメージセンサ部 1 の側壁 10 c は、マウント基板 20 の側壁 20 a より 1 mm 程度内側に位置させることが好ましい。

このマウント基板 20 には、イメージセンサ部 1 の載置面からその裏面に達する貫通孔 21 が多数設けられている（図 12 参照）。これらの貫通孔 21 は、イ

イメージセンサ部 1 の載置面側から見て、等間隔に引かれた格子線の交点上に配置されている。以下、隣接する貫通孔 2 1 の間隔であるピッチを p で表す。これらの貫通孔 2 1 はイメージセンサ部 1 を載置する領域内のみに設ければ足りるが、載置領域をはみ出して全面に設けても構わない。貫通孔 2 1 の大きさ、配置はマ
5 ウント基板 2 0 の強度や、厚み、貫通孔 2 1 の通気性を考慮して適宜設定される。
。本実施形態では、貫通孔 2 1 の直径は、 $0.4\text{ mm} \sim 0.5\text{ mm}$ 程度に、その
ピッチ p は、 20 mm に設定されている。その結果、イメージセンサ部 1 の載置
面 ($231\text{ mm} \times 184\text{ mm}$) 上には、 11×8 個の貫通孔 2 1 が存在すること
になる。

10 イメージセンサ部 1 と、マウント基板 2 0 の間には接着材 3 0 が介在している。
。この接着材 3 0 は、貫通孔 2 1 を避けて、水平方向で隣接する貫通孔 2 1 との
間の略中心位置上に配置される。具体的には、貫通孔 2 1 を配置する格子線を、
格子線の延長方向である 2 方向にそれぞれ $0.5p$ ずつずらした格子線上に延在
するよう接着材 3 0 は配置されている。本実施形態では、接着材 3 0 の幅は 1 m
15 m 、厚みは 0.5 mm 程度とされる。この接着材 3 0 としては、アサヒ科学研究
所社アサヒタイト EX-29-5 等のエポキシ系の絶縁性樹脂からなる接着材を
用いるとよい。

また、イメージセンサ部 1 の第 2 の表面部分にまで達している耐湿保護膜 1 8
部分は、マウント基板 2 0 上の接着材 3 0 とイメージセンサ部 1 の Si 基板 1 0
20 との間に固定されており、マウント基板 2 0 と Si 基板 1 0 との間に挟み込まれ
て固定されている。

マウント基板 2 0 のイメージセンサ部 1 に隣接してイメージセンサ部 1 のボン
ディングパッド部 1 4 と向き合う領域には、ボンディングパッド部 2 2 が配置さ
れ、対応するボンディングパッド同士がワイヤにより接続されている（ワイヤボ
ンディング）。マウント基板 2 0 のイメージセンサ部 1 の載置領域の外側には、
25 処理回路等が配置された回路部 2 4 が設けられており、回路部 2 4 と対応するボ

ンディングパッド22とは図示していない配線によって電氣的に接続されている。回路部24には、画像信号の出力端子や電源入力端子等が配置されている。

次に、この放射線イメージセンサ100の製造方法を図7～図15を参照して具体的に説明する。まず、図7に示されるように、Si基板10上に光感応部11、シフトレジスタ12、チャージアンプアレイ13、ボンディングパッド部14を形成済みのイメージセンサ1aを用意する。ここで、光感応部11は、Si基板10の中央に位置するのではなく、少なくとも特定の一边側に偏在して配置されている。このイメージセンサ1aは、例えば、12インチ（約30センチ）径のSiウエハ上にステッパ装置等を利用した公知の手法により集積化された回路を形成した後に所望のサイズに裁断することで製造することができる。

次に、光感応部11より広い領域が露出するようにマスクを施した状態でSi基板10をシンチレータの蒸着室内に配置し、シンチレータ層16を形成する。ここで、光感応部11が近接しているSi基板10の側壁部分についてもマスクから露出させておく。マスクとしては、光感応部11の周囲の3辺に沿った部分でSi基板10を反対向きに保持する蒸着ホルダーを用いるとよい。この状態で、蒸着室内にTl、CsI蒸気を導入し、Si基板10の露出部分にTlをドーピングしたCsIの柱状結晶を堆積させて成長させる（蒸着）。蒸着されたシンチレータ層16の厚みが所望の厚み（例えば、300 μ m）に達したら蒸着室からシンチレータ層16が形成されたイメージセンサ1b（図8参照）を取り出す。これにより、側壁部10cに至る光感応部11上の全面にわたって均一な厚みを持つシンチレータ層16を形成することができる。

次に、シンチレータ層16を囲むように、側壁部10c側を開放したコの字型の枠上の樹脂層17を形成する。この樹脂層17形成には、岩下エンジニアリング社製のAutoShooter-3型のような自動X-Yコーティング装置を用いるとよい。ここで、樹脂層17は第1層17aを形成後、その上に第2層17bを形成することで、2層構造として高さを確保している（図9参照）。ここで、後工程で

形成する耐湿保護膜18の密着性を向上させるため、第2層17bの上面を粗面処理しておくことが好ましい。この粗面処理としては、表面に多数の筋やくぼみを形成する処理がある。

5 シンチレータ層16を形成するCsIは、吸湿性が高く、露出したままにしておくと空気中の水蒸気を吸湿して溶解してしまう（潮解性を有する）。そこで、シンチレータ層16の保護のため、図10に示されるように、CVD（化学的蒸着）法によりシンチレータ層16が形成されたイメージセンサ1bの略全体を厚さ10 μ mのパリレンで包み込み、耐湿保護膜18を形成する。

10 具体的には、金属の真空蒸着と同様に真空中で蒸着によるコーティングを行うもので、原料となるジパラキシリレンモノマーを熱分解して、生成物をトルエン、ベンゼンなどの有機溶媒中で急冷しダイマーと呼ばれるジパラキシリレンを得る工程と、このダイマーを熱分解して、安定したラジカルパラキシリレンガスを生成させる工程と、発生したガスを素材上に吸着、重合させて分子量約50万のポリパラキシリレン膜を重合形成させる工程からなる。

15 CsIの柱状結晶の間には隙間があるが、パリレンはこの狭い隙間にある程度入り込むので、耐湿保護膜18は、シンチレータ層16に密着し、シンチレータ層16を密封する。このパリレンコーティングにより、表面に微細な凹凸のあるシンチレータ層16の上に均一な厚さの精密薄膜コーティングを形成することができる。また、パリレンのCVD形成は、金属蒸着時よりも真空度が低く、常温で行うことができるため、加工が容易である。

20 こうして形成した耐湿保護膜18を樹脂層17の長手方向に沿ってカッター50で切断し（図11参照）、切断部より外側の耐湿保護膜18を除去する。樹脂層17で凸部が形成されているため、目標切断箇所の視認が容易になるとともに、カッター50で切断する際に樹脂層17の厚さ（高さ）の分だけ第1の表面
25 10aとカッター50との間に余裕が生ずるので、樹脂層17の下に存在する図示していない信号線を傷つけるおそれなくなり、加工が簡単になる。このため

、製品の歩留りを向上させることができる。

その後、耐湿保護膜 18 の切断部の外周部と露出した樹脂層 17 を覆うようにアクリル系樹脂をコーティングして、紫外線照射により硬化させることで被覆樹脂層 19 を形成する。このとき、Si 基板 10 の側壁 10c 側では、耐湿保護膜 18 の外縁とこれに隣接する露出している樹脂層 17 の端面および側壁 10c 部分にコーティングするとよい。これにより、図 3～図 6 に示されるイメージセンサ部 1 が得られる。

次に、図 1 2 に示されるように貫通孔 2 1 を有するマウント基板 2 0 を用意し、マウント基板 2 0 のイメージセンサ部 1 の載置面に格子状に絶縁樹脂製の接着材 3 0 を塗布する。この接着材 3 0 塗布は上述したような X-Y コーティング装置を用いて行くと、貫通孔 2 1 から離隔した所定の位置に正確に接着材 3 0 を塗布することができ好ましい。

接着材 30 を塗布したら、マウント基板 20 の載置面にイメージセンサ部 1 をその第 2 の表面 10 d を向けて載置し（図 13 参照）、その状態でマウント基板 20 を図 14 に示されるような装置 6 へ導入する。この装置 6 は、導入されたマウント基板 20 の上側に面する空間 60 と下側に面する空間 61 とがマウント基板 20 によって分離される構成をとる。そして、下側の空間 61 内の空気を排出する真空ポンプ 62 を備えている。

マウント基板 20 を装置 6 に導入したら、真空ポンプ 62 を作動させて下側の空間 61 内を減圧する。マウント基板 20 の貫通孔 21 は、下側の空間 61 に通じているため、この減圧によってイメージセンサ部 1 の第 2 の表面 10d 側の気圧は、その第 1 の表面 10a 側の気圧より低くなる。こうして生じた第 1 の表面 10a 側と第 2 の表面 10d 側での気圧差によって、イメージセンサ部 1 は、マウント基板 20 へと押しつけられる。これにより接着材 30 は、イメージセンサ部 1 とマウント基板 20 の間に薄く広がる。この状態で接着材 30 を硬化させてイメージセンサ部 1 をマウント基板 20 へと固定する。固定後、ボンディングパ

ッド部14、22の対応するボンディングパッド同士をワイヤで電氣的に接続して、図1、図2に示される放射線イメージセンサ100を得る。

5 このように、マウント基板20に設けた貫通孔21を利用してイメージセンサ部1の表面と裏面間に気圧差を発生させ、発生した気圧差により、イメージセンサ部1をマウント基板20へと押しつけて固定するので、イメージセンサ部1の表面（第1の表面10a）上に押圧のための余分なスペースを設ける必要がなく、シンチレータ層16の形成面をイメージセンサ部1内で最大限確保することができる。このため、同じサイズの光感応部11に対して、イメージセンサ部1の面積をコンパクトなものとすることができ、放射線イメージセンサ100のコンパクト化が図れる。さらに、気圧差によってイメージセンサ部1の表面全体を略均一な力でマウント基板20へと押しつけることができるため、大面積・薄型のイメージセンサ部1を固定する場合でも撓み、歪み、反り等の発生を抑制して受光面の平板性を確保することができる。さらに、シンチレータ層16に局所的に力が付与されることがないので、シンチレータ層16が固定に際して損傷することがなく、製品の歩留りも向上する。

10

15

また、耐湿保護膜18の外縁は、二方が樹脂層17と被覆樹脂層19で挟み込んで固定されており、他の一方も裏側まで回り込んでマウント基板20との間に挟み込まれて固定されているので耐湿保護膜18のはがれを効果的に防止できる。特に、側壁10c側でマウント基板20よりイメージセンサ部1を僅かに内側に配置することで、使用中に側壁10c上の耐湿保護膜18に余計な力が加わるのを防止して、この部分からのはがれを効果的に抑制することができる。

20

なお、マウント基板20がイメージセンサ部1の載置面の外側の領域にも貫通孔21を有している場合は、その貫通孔21を予め塞いでおく必要がある。これらの貫通孔21を塞ぐ方法としては、これらの貫通孔21を載置面側から気密性のフィルムで覆うか、反対側から気密性のパネル、マスク等で覆えばよい。このようにすると、装置6内で上側の空間60と下側の空間61とが貫通孔21によ

25

り直接連通されることがなく、両空間60、61間に確実に気圧差を発生させることが可能となる。

ここでは、下空間61を減圧することで、両空間60、61に気圧差を発生させたが、イメージセンサ部1側の表面側の気圧が下側の気圧より高くなればその他の方法を利用してよい。例えば、図15に示される装置6aのように、上空間60aに気体（例えば、空気）を送り込むポンプ63を設け、上空間60内の気体を加圧することで両空間60、61間に気圧差を発生させてもよい。さらに、両方を併用して上空間60内を加圧し、下空間61内を減圧してもよい。この場合、下空間61内の気体を上空間60内へと導いて単独のポンプを用いて加圧と減圧を行うこともできる。また、装置内に両方の空間を設けずとも、加圧または減圧を行う空間60または61の一方のみを設け、他方は開放状態としてもよい。また、気体としては、空気に限らず窒素等を用いることもでき、装置6や装置6aを窒素ボックスの中に入れた上で行うこととしてもよい。

続いて、本実施形態の動作を説明する。マンモグラフィでは、図16に示されるように被験者9の乳房90を放射線透過性の2枚のプレート70、71で挟み込み、放射線源75から発せられたX線の乳房90透過画像をプレート71側に配置した本発明に係る放射線イメージセンサ100によって撮像する。このとき、被験者9の胸部側に側壁部10cを配置すると、光感応部11を胸部に近接させることができる。

乳房90の透過X線画像を構成する乳房90を透過したX線（放射線）は、プレート71を透過して、放射線イメージセンサ100の入射面（耐湿保護膜18表面）へと入射する。入射したX線（放射線）は、耐湿保護膜18を透過してシンチレータ層16に達し、シンチレータ層16で吸収される。シンチレータ層16は、吸収したX線の光量に略比例して所定の波長の光（本実施形態では、波長570nm）を放射（発光）する。

こうしてシンチレータ層16から放射された光は、光感応部11へと到達し、

各々のフォトダイオードで吸収されて光量に応じた電荷として一定時間蓄積される（光電変換）。この光の光量は入射するX線の光量に対応しているから、各々のフォトダイオードに蓄積されている電気信号は、入射するX線の光量に対応することになる。つまり、各フォトダイオードには、X線画像の各画素の輝度に対応する電気信号（以下、各画素の画像信号と呼ぶ。）が得られる。

シフトレジスタ12によって各フォトダイオードに対応するMOSFETを操作することで各フォトダイオードの電荷（各画素の画像信号に対応）は、図示していない信号線を通してチャージアンプアレイ13へと読み出され、増幅された後にイメージセンサ部1のボンディングパッド部14から対応するマウント基板20側のボンディングパッド部22へと送られ、回路部24で処理された後に、所定の形式の画像データ信号として出力端子から出力される。この出力信号を基にしてモニター上にX線画像を表示したり、所定の記憶装置に格納して保存することができる。

本実施形態の放射線イメージセンサ100は、その光感応部11が側壁部10c近くまで達しているため、乳房90の根元部分まで撮像を行うことができる。そして、イメージセンサ部1の平板性を確保することができるため、乳房90の全体について歪みのない精度の高いX線画像を撮像することができる。そして、胸部に近接する側壁を超えて耐湿保護膜18が形成され、これがマウント基板20との間に挟み込まれているため、人体との接触により耐湿保護膜18が剥がれたり、接触部分から汗や水分が浸入してシンチレータ層16が劣化するのを確実に防止できる。

また、本発明は、ひとつの基板上に複数個のイメージセンサをタイル状に配置して受光部を連結することで、製造される大面積のイメージセンサに対しても好適である。連結後のイメージセンサにおいて不感領域をできるだけ小さくするためには、その境界部分での光感応部11の面積をできるだけ大きくする必要がある。この境界部分まで光感応部を有している放射線イメージセンサにおいて、境界部分を

超えて裏側まで耐湿保護膜 18 を配置しておくこと、耐湿保護膜 18 のはがれ、損傷を確実に防止できる。

図 17 は、このような大面積の放射線イメージセンサの実施形態を示す平面図である。ここでは、2 枚のイメージセンサ部 1_1 、 1_2 を連結している。さらに、
5 3 枚以上のイメージセンサ部 1 を一列に並べて大画面化したり、 $2 \times m$ 列あるいは $m \times n$ 列並べて大画面化しても構わない。

イメージセンサ部 1 を $2 \times m$ 列（ただし m は 3 以上の整数）に並べる場合は、少なくとも四隅に配置される以外のイメージセンサ部 $1'$ は、少なくとも 3 辺の境界部分まで光感応部 11 が配置されている構造（図 18 参照）を有している必要
10 がある。この場合、耐湿保護膜 18 は、この 3 辺側の側壁を超えて、裏面まで延びるよう形成されている。

また、イメージセンサ部 1 を $m \times n$ 列（ただし m 、 n とも 3 以上の整数）並べる場合は、さらに中央部分に配置されるイメージセンサ部 $1''$ は、表面全体に光感応部 11 が配置される構造（図 19 参照）を有している必要がある。この場合、
15 耐湿保護膜 18 は、全ての側壁を覆うとともに、裏面にまで達している。ただし、裏面全体を覆っている必要はない。そして、電極パッドは背面に設けて、マウント基板 20 を貫通する配線を利用して信号を読み出すことが好ましい。もちろん
上述した各イメージセンサ部 $1'$ 、 $1''$ は単体でも使用することができることは言うまでもない。なお、図 13～15 については、製造方法を示した一例であって、
20 図示を簡略化するため、イメージセンサ部 1 の断面は、図 18、図 19 に示されるように少なくとも 1 組の対向する 2 辺の境界部分まで、光感応部 11 が波と位置されている形態のものを示している。

ここで、耐湿保護膜 18 の周縁部の固定は、必ずしも樹脂層 17 上へ周縁部を配置することによって行われる形態に限られるものではない。例えば、図 20 に
25 示されるように、耐湿保護膜 18 の周縁部をイメージセンサ部の第 1 の表面 10a に直接密着させ、この周縁部を覆うように、被覆樹脂層 19 を設けることで、

周縁部を保護して、耐湿保護膜 18 の周縁部からのはがれを防止してもよい。また、被覆樹脂層 19 を設けず、耐湿保護膜 18 を樹脂層 17 のみによって固定してもよい。

5 以上の説明では、耐湿保護膜 18 としてパリレン製の単一膜構造の保護膜について説明してきたが、パリレン膜の表面に Al、Ag、Au 等の金属薄膜からなる反射膜を設ければ、シンチレータ層 16 から放射された光を光感応部 11 へと導き、輝度の高い画像を得ることができる。この金属薄膜の保護のため、さらにその表面にパリレン膜等を施してもよい。

10 また、上述の実施の形態においては、シンチレータとして CsI (Tl) が用いられているが、これに限らず CsI (Na)、NaI (Tl)、LiI (Eu)、KI (Tl) 等を用いてもよい。

15 また、上述の実施の形態における、ポリパラキシリレンには、ポリパラキシリレンの他、ポリモノクロロパラキシリレン、ポリジクロロパラキシリレン、ポリテトラクロロパラキシリレン、ポリフルオロパラキシリレン、ポリジメチルパラキシリレン、ポリジエチルパラキシリレン等を含む。

請求の範囲

1. マウント基板上にイメージセンサ部を配置した放射線イメージセンサであって、

前記イメージセンサ部は、

5 第1の表面と第2の表面とを表裏面とする平板状のセンサ基板と、

前記センサ基板の第1の表面上に、少なくともその一边に近接して2次元状に配置された複数の光電変換素子からなる受光部と、

少なくとも前記受光部表面に堆積され、入射した放射線に応じて前記光電変換素子が検出可能な波長の光を出力するシンチレータと、

10 前記センサ基板の第1の表面上の、前記受光部が近接する辺を除いた前記シンチレータの周囲に配置されている樹脂層と、

前記シンチレータ表面から前記センサ基板の前記受光部が近接する辺側の側壁部を経て前記第2の表面に至る部分を連続して一体に被覆しており、前記樹脂層によって前記受光部が近接する辺を除く側の周縁部が固定されている保護膜と

15 、を備えており、

前記第2の表面上の保護膜が前記マウント基板と前記センサ基板で挟み込まれて固定されていることを特徴とする放射線イメージセンサ。

2. 前記マウント基板は、前記イメージセンサの配置面からその裏面に貫通する複数の貫通孔を備えていることを特徴とする請求項1記載の放射線イメージセンサ。

20

3. 前記イメージセンサ部は、前記マウント基板上に接着材で固定されており、前記接着剤は、前記管通孔を包囲して配置されていることを特徴とする請求項2記載の放射線イメージセンサ。

4. 前記接着材は、前記マウント基板の前記イメージセンサの配置面上に基盤目状に配置されていることを特徴とする請求項3記載の放射線イメージセンサ。

25

5. マウント基板上にイメージセンサ部を配置した放射線イメージセンサの製造方法であって、

第1の表面と第2の表面とを表裏面とする平板状のセンサ基板と、このセンサ基板の第1の表面上に少なくともその一边に近接して2次元状に配置された複数の
5 光電変換素子からなる受光部と、少なくとも受光部表面に堆積され、入射した放射線に応じて光電変換素子が検出可能な波長の光を出力するシンチレータを備えるイメージセンサ部を用意し、

このイメージセンサ部のシンチレータ表面からセンサ基板の受光部が近接する辺側の側壁部を経て第2の表面に至る部分を連続して一体に被覆する保護膜を形成して、センサ基板の第1の表面上の、受光部が近接する辺を除いたシンチレータの周囲に配置されている樹脂層によって受光部が近接する辺を除く側の周縁部
10 を固定し、

イメージセンサ部の第2の表面をマウント基板の載置面へ向けて、イメージセンサ部の第2の表面上の保護膜をマウント基板とセンサ基板で挟み込んだ状態で
15 イメージセンサ部をマウント基板上に固定することを特徴とする放射線イメージセンサの製造方法。

要約

- イメージセンサ部は、マウント基板上に接着材によって載置・固定されており、イメージセンサ部の光感応部は、少なくとも一方の周縁部近傍に達するよう配置されている。そして、イメージセンサ部のシンチレータ層を覆う耐湿保護膜を光感応部の近接する側壁を越えてイメージセンサ部の基板の裏面まで到達するよう
- 5 にし、この部分をイメージセンサ部とマウント基板とで挟み込んで固定している。